Contribuições da Teoria das Restrições para a abordagem projetual do design

Eduardo Derbli de Carvalho Baptista, Thaís Spiegel, Daniel Bouzon Nagem Assad

Palavras-chave: design thinking, pensamento sistêmico, metodologia de design, teoria das restrições

Resumo: Este artigo explora as convergências entre a abordagem projetual do design e a Teoria das Restrições (ToC). Através de revisões sistemática e narrativa, identifica-se que restrições não são barreiras, mas matéria-prima essencial para a inovação. A pesquisa demonstra que o "Processo de Focalização" da ToC atua de forma análoga aos "geradores primários" do design, convertendo ambiguidades em direções claras. A principal contribuição é a proposição de uma lente sistêmica que transcende a otimização local, oferecendo ferramentas lógicas para estruturar problemas complexos e elevar o desempenho global dos processos criativos.

1 Introdução

A abordagem projetual do design evoluiu de uma visão idealizada de criação livre para se tornar uma disciplina estratégica voltada à resolução de problemas complexos e sistêmicos (Brown, 2019). Neste contexto, a noção de "restrição" assumiu um papel central: longe de serem obstáculos à criatividade, as restrições — sejam elas de viabilidade, factibilidade ou desejabilidade — constituem a própria matéria-prima que permite a inovação e define o espaço de solução do projeto, como defende Brown:

> “A aceitação voluntária e até entusiástica de restrições concorrentes é a base do *design thinking*. A primeira etapa do processo de design costuma ser descobrir quais restrições são importantes e estabelecer uma estrutura para avaliá-las. As restrições podem ser mais bem visualizadas em termos de três critérios sobrepostos para ideias bem-sucedidas: viabilidade técnica, o que é funcionalmente possível no futuro previsível; viabilidade econômica, o que provavelmente se tornará parte de um modelo de negócio sustentável; e desejabilidade, o que faz sentido para as pessoas e para as necessidades humanas.” (Brown, 2019)

O enfrentamento do que a literatura classifica como problemas complexos e sistêmicos exige mais do que a aceitação passiva de limites; demanda metodologias robustas capazes de constituir estruturas e arcabouços aptos a transformar regulações estritas em catalisadores para a inovação radical. Enquanto o campo do design utiliza conceitos como "geradores primários" para tornar problemas gerenciáveis, outras áreas do conhecimento desenvolveram abordagens sistêmicas distintas para lidar com limitações críticas.

Uma dessas abordagens é a Teoria das Restrições (*Theory of Constraints - ToC*), desenvolvida por Eliyahu Goldratt. Originalmente consolidada como uma filosofia de gestão, a ToC postula que todo sistema é limitado por pelo menos uma restrição que dita seu desempenho global (Sobreiro et al., 2012). Embora tradicionalmente aplicada à manufatura e

logística, a lógica da ToC de identificar, explorar e elevar o "elo mais fraco" oferece um paralelo promissor com as práticas iterativas de design e a gestão das partes interessadas.

O presente artigo busca explorar as convergências e complementaridades entre a abordagem projetual do design e a Teoria das Restrições. Através de uma revisão sistemática e narrativa da literatura, investiga-se como os princípios de focalização e os processos de pensamento da ToC podem oferecer ferramentas lógicas para tratar a ambiguidade inerente aos processos de design. O estudo analisa como a identificação estratégica de restrições pode transcender a otimização local, promovendo soluções inovadoras que consideram a interdependência sistêmica dos projetos.

2 Metodologia

Uma revisão sistemática de literatura foi conduzida e registrada de acordo com o protocolo PRISMA (Page et al., 2021). De forma concomitante e complementar, foi realizada uma revisão narrativa de literatura no corpus da Teoria das Restrições, de forma a estabelecer referenciais conceitual-teóricos de ambos.

Para a revisão sistemática de literatura, estabeleceu-se como critério a busca por Teoria das Restrições em publicações na área de design com qualificação Q1 e Q2 no ranking da SCImago Journal, com a intenção de identificar pesquisas de alta qualidade técnica e científica. Foram incluídas apenas pesquisas já publicadas, e não foram estabelecidos filtros de tempo, idioma, modelagem, participantes ou desfechos. Para realizar esta busca, foi utilizada a seguinte query: “theory of constraint*” OR “constraint* theory” OR “TOC”.

As fontes selecionadas foram ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Archives of Design Research, CoDesign, Design Studies, Human Factors, International Journal of Art and Design Education, International Journal of Design, International Journal of Human Computer Studies, Journal of Service Research, She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, Design Issues, Journal of Engineering Design, InfoDesign e Strategic Design Research Journal.

As buscas resultaram em um total de 28 pesquisas, e o processo de seleção envolveu avaliar quais efetivamente tratavam de Teoria das Restrições ou do impacto e influência de restrições na abordagem projetual do design. Identificou-se que apenas 4 artigos atendiam a este requisito.

No que se refere à revisão narrativa, fez-se necessária busca em inteligências artificiais generativas de referências complementares relevantes que contribuem para a robustez da pesquisa (Mozelius et al., 2024; Schryen et al., 2025). Para tal, foi desenvolvido o seguinte prompt para o ChatGPT, Perplexity e SciSpace:

> “Você é pesquisador na área de inovação e design de produtos e serviços, tendo dedicado décadas de sua carreira ao estudo de teorias, conceitos e métodos relacionados ao tema, bem como à combinação de diferentes abordagens de design com metodologias de design, como a integração do pensamento sistêmico. Você está escrevendo um artigo no qual consolida convergências e complementaridades entre múltiplas abordagens de design. Quero que você pesquise as principais

> referências acadêmicas sobre a Teoria das Restrições, classificando-as por sua importância para o campo, levando em conta o impacto declarado pelos autores e o número de vezes que os textos são citados. Tenho maior interesse nos aspectos teóricos fundamentais, em um escopo mais amplo. Quero uma busca abrangente que vá desde textos fundacionais até pesquisas atuais, e você não precisa priorizar artigos que discutam a ToC em relação a outras metodologias."

Esta busca resultou em um total de 13 textos considerados de alto impacto no campo da ToC, permitindo uma exploração abrangente desta abordagem.

3 Restrições no campo do design

É preciso, primeiramente, estabelecer a que se refere a noção de "restrição" no contexto da abordagem projetual do design. A prática do design, em sua acepção contemporânea e sistêmica, distanciou-se da visão romântica da criação livre e desimpedida para abraçar a complexidade inerente à resolução de problemas no mundo real. Ao analisar as teorias fundamentais da área, observa-se uma convergência significativa no que tange ao papel das restrições: longe de serem barreiras à criatividade, elas constituem a própria substância que permite a existência do design. A habilidade do designer, portanto, não reside em evitar limites, mas na aceitação entusiástica e na navegação estratégica por entre restrições concorrentes (Brown, 2019).

Por uma perspectiva abrangente da estratégia de inovação, o pensamento de design (*design thinking*) fundamenta-se na sobreposição de três critérios de restrição: a viabilidade (o que é sustentável do ponto de vista do negócio), a factibilidade (o que é funcionalmente possível com a tecnologia disponível) e a desejabilidade (o que faz sentido para as pessoas) (Brown, 2019). A exploração do espaço do problema caracteriza-se por identificar e registrar não um conjunto de instruções rígidas ou uma pergunta já respondida, mas um conjunto de hipóteses ou restrições mentais que fornecem um ponto de partida para a equipe de projeto. O desafio ao se conduzir esta exploração reside na calibragem do nível de restrição: se demasiado vago, a equipe perde-se; se excessivamente restritivo, o resultado tende a ser incremental e medíocre (Brown, 2019).

Aprofundando-se na abordagem do design, observa-se que a imposição de limites é uma estratégia deliberada para lidar com a incerteza inerente a problemas mal definidos ou "perversos" (*wicked problems*), como destacado por Cross (2023). Jane Darke propõe, ainda, que designers experientes utilizam "geradores primários", que são conjuntos limitados de objetivos ou ideias iniciais, para restringir o problema e torná-lo gerenciável, transformando regulações estritas em catalisadores diretos para a inovação radical (Cross, 2023). A pressão competitiva somada a restrições regulatórias severas força o designer a retornar aos "primeiros princípios" da física e da engenharia, repensando soluções fundamentais em vez de apenas otimizar o existente. Nota-se, contudo, que a abordagem projetual madura frequentemente envolve o questionamento e a redefinição reiterada dessas fronteiras – designers inovadores tendem a desafiar o problema original quando percebem conflitos entre os objetivos de alto

nível (como a usabilidade ou eficiência) e os critérios estabelecidos pelo cliente, reformulando o problema para alcançar soluções que transcendem a demanda inicial (Cross, 2023).

Para além da concepção do produto, as restrições desempenham um papel crucial na interação entre o usuário e o objeto, atuando como conhecimento tácito e distribuído no mundo (Norman, 2006). A precisão do comportamento humano não depende exclusivamente do conhecimento armazenado na mente, mas da combinação deste com restrições presentes no ambiente físico e cultural.

Norman (2006) defende, ainda, que existem quatro classes fundamentais de restrições que guiam a ação humana: físicas, culturais, semânticas e lógicas. As restrições físicas limitam as operações possíveis, impedindo erros por meio da própria geometria dos objetos, enquanto as restrições semânticas e lógicas utilizam o significado da situação e a relação racional entre as partes para sugerir o uso correto. Em sistemas complexos ou de segurança crítica, o design utiliza "funções de forçamento" (*forcing functions*), como intertravamentos e bloqueios, que são restrições físicas extremas desenhadas para prevenir comportamentos inadequados ou acidentes, garantindo que etapas críticas não sejam omitidas.

Contudo, a aplicação dessas teorias enfrenta o atrito da realidade organizacional e econômica. No mundo dos negócios, o desenvolvimento de produtos é regido por restrições severas de cronograma e orçamento, o que frequentemente leva ao fenômeno descrito como a "Lei de Norman", onde o projeto já inicia atrasado e acima do orçamento no momento de sua aprovação (Norman, 2006). Essa pressão pode conduzir a decisões de design que priorizam a eficiência de engenharia ou custos em detrimento das necessidades humanas, resultando em produtos que exigem do usuário um comportamento antinatural e preciso, gerando erros que são erroneamente atribuídos à falha humana em vez de falha de design. Além disso, a evolução tecnológica impõe suas próprias restrições e desafios, como o "problema do legado", onde padrões estabelecidos dificultam a adoção de soluções superiores devido à base instalada e aos hábitos adquiridos, perpetuando designs subótimos.

4 Explorando a Teoria das Restrições

A Teoria das Restrições (*Theory of Constraint*s ou, simplesmente, ToC) foi desenvolvida originalmente por Eliyahu Goldratt em meados da década de 1980, consolidando-se como uma filosofia de gestão robusta e uma abordagem projetual sistêmica (Rahman, 1998). Diferente de visões fragmentadas, a ToC postula que as organizações devem ser compreendidas como sistemas complexos compostos por membros inter-relacionados, onde o desempenho global é superior à soma das partes individuais (Zhao et al., 2022). A premissa central desta teoria é que todo sistema possui ao menos uma restrição que o limita de atingir um desempenho superior em relação à sua meta. Sob a ótica do design de processos e inovação, a identificação e gestão dessas restrições não representam apenas a resolução de problemas, mas oportunidades estratégicas de melhoria (Panizzolo, 2017).

A abordagem da ToC opera sob a lógica de que o fortalecimento do elo mais fraco de uma cadeia determina a resistência de toda a estrutura. A implementação prática dessa filosofia ocorre através de um ciclo de melhoria contínua denominado “Processo de Focalização”, composto por cinco etapas sequenciais (Zhao et al., 2022), como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Etapas do Processo de Focalização

Etapa	Nome da etapa	Descrição
1	Identificar a restrição do sistema	Determinar o recurso (físico ou gerencial) que limita o desempenho global. Restrições físicas podem incluir equipamentos ou capacidade, enquanto restrições gerenciais envolvem políticas e regras.
2	Explorar a restrição	Decidir como extrair a máxima eficiência possível do recurso restritivo sem a necessidade de investimentos imediatos vultosos.
3	Subordinar tudo o mais à decisão anterior	Sincronizar os recursos não restritivos para operarem no ritmo ditado pela restrição, evitando a superprodução e o acúmulo desnecessário de inventário.
4	Elevar a restrição	Se o desempenho do sistema ainda for insuficiente, deve-se aumentar a capacidade da restrição (investimentos, contratações, novas tecnologias).
5	Retornar ao primeiro passo	Caso a restrição seja quebrada, deve-se reiniciar o ciclo para identificar o novo gargalo, evitando que a inércia se torne a nova restrição do sistema.

Fonte: Elaboração própria (2026)

Para lidar com restrições complexas, especialmente as de natureza política ou comportamental, a ToC propõe um “Processo de Pensamento” (*Thinking Process* – TP). Esta metodologia utiliza ferramentas lógicas de causa e efeito (como a Árvore da Realidade Atual e a Nuvem de Evaporação) para responder a três questões gerenciais críticas: “O que mudar?”, “Para o que mudar?” e “Como causar a mudança?” (Dettmer, 1997; Rahman, 1998).

Pode-se perceber que a Teoria das Restrições oferece uma abordagem metodológica abrangente para o design e gestão de sistemas produtivos e de serviços. Ao focar na interdependência dos elementos e na gestão das limitações, a ToC permite que projetistas e gestores superem a otimização local em favor do desempenho global (Zhao et al., 2022), utilizando a exploração das restrições não como um problema, mas como uma alavanca para a inovação e o crescimento sustentável.

5 Discussão

O campo do design opera inerentemente sobre problemas mal estruturados e complexos. Tais problemas desafiam definições definitivas e soluções binárias (verdadeiro/falso), exigindo uma abordagem que considere a subjetividade e a interdependência dos fatores envolvidos (Crilly, 2025). Neste contexto, a ToC pode oferecer uma lente crítica: postula que as organizações e projetos devem ser compreendidos como sistemas complexos de membros inter-relacionados, onde o desempenho global supera a soma das partes.

A premissa central da ToC — de que todo sistema possui ao menos uma restrição limitante em relação à sua meta — ressoa profundamente com a necessidade do designer de impor estrutura ao caos. Enquanto a literatura de design sugere que a "perversidade" de um problema é subjetiva e dependente da perspectiva das partes interessadas (ou *stakeholders*) (Crilly, 2025), a ToC propõe que a gestão dessas restrições não é apenas resolução de problemas, mas uma oportunidade estratégica de melhoria.

Biskjaer e Christensen (2021) retomam o conceito de geradores primários de Jane Darke, argumentando que, no enfrentamento de problemas complexos, designers raramente começam com uma lista exaustiva de requisitos. Em vez disso, utilizam um conjunto limitado de restrições, muitas vezes subjetivas e autoimpostas, que servem como um "caminho de entrada" para o problema – os geradores primários de Darke. Este conceito alinha-se operacionalmente ao "Processo de Focalização" da ToC, um ciclo de melhoria contínua que busca identificar e fortalecer o elo mais fraco da cadeia para determinar a resistência de toda a estrutura.

O gerador primário atua reduzindo a variedade de soluções a um conjunto cognitivamente gerenciável (Biskjaer e Christensen, 2021), funcionando de maneira análoga à identificação da restrição do sistema na ToC. Ambos os conceitos rejeitam a análise exaustiva inicial em favor de uma abordagem iterativa: no design, move-se entre gerador, conjectura e análise; na ToC, segue-se um ciclo sequencial de cinco etapas para elevar o desempenho do sistema. Assim, a restrição deixa de ser um obstáculo paralisante para se tornar uma "restrição decisiva", um catalisador que empurra o processo criativo em uma direção organizada e inovadora.

Restrições não são apenas físicas ou técnicas; frequentemente são políticas ou comportamentais. Para lidar com estas complexidades, a ToC propõe o "Processo de Pensamento" (*Thinking Process* – TP), utilizando ferramentas lógicas de causa e efeito para responder a questões estruturantes dos problemas em análise (Rahman, 1998).

Esta abordagem estruturada para restrições "suaves" encontra paralelo na forma como o design trata o "usuário". Sharrock e Anderson (1994) argumentam que o usuário é frequentemente uma característica cênica (*scenic feature*) no espaço de design, construído através de tipificações sociais (ex.: "o usuário é um mau utilizador" ou "o usuário pragmático") para legitimar decisões e negociar soluções dentro da equipe de projeto. Assim como o TP da ToC busca mapear a lógica de causa e efeito de problemas comportamentais (como na Árvore da Realidade Atual), designers constroem cenários de uso e "usuários tipificados" para prever o esforço e as reações naturais, utilizando essas construções como fontes de legitimação para restringir o espaço de solução. Ambas as abordagens visam converter a ambiguidade subjetiva em uma estrutura lógica que permita a ação projetual.

Uma vez identificada a restrição crítica (pela ToC) ou estabelecido o gerador primário (pelo design), surge a questão operacional: "Como causar a mudança?". Aqui, metodologias de design baseadas em conhecimento de patentes e TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*) oferecem os mecanismos técnicos para a execução.

A TRIZ opera resolvendo contradições (técnicas ou físicas) que surgem quando a tentativa de melhorar um parâmetro do sistema piora outro. Isso é essencial para superar o "elo mais

fraco" sem comprometer o restante do sistema (Li et al., 2013). A análise de patentes, por sua vez, pode ser utilizada para identificar "oportunidades de evolução" através de uma decomposição funcional, a qual torna possível a identificação de gargalos tecnológicos que atuam como restrições físicas fundamentais (Valverde et al., 2017).

De forma complementar, a integração da TRIZ com estratégias de Contorno de Patentes (*Patent Circumvention*) permite que o designer navegue por restrições legais. Técnicas como "*trimming*" (poda de componentes) permitem que funções sejam realizadas por outros componentes do sistema, simplificando a estrutura e contornando barreiras de propriedade intelectual concorrentes (Li et al., 2013). Isso responde diretamente à necessidade da ToC de otimizar o sistema, eliminando redundâncias e focando na restrição principal.

Crilly (2025) defende, ainda, que a complexidade multidimensional das restrições — sejam elas as restrições políticas abordadas pelo TP da ToC ou as contradições técnicas da TRIZ — é fortemente beneficiada pela utilização de ferramentas de visualização. O uso de gráficos de radar, por exemplo, para mapear a "perversidade" de um problema permite visualizar onde a pressão das restrições é maior (como conflito de requisitos vs. incerteza de informações). Essa visualização facilita o alinhamento entre os stakeholders sobre "O que mudar", criando um entendimento compartilhado essencial para a implementação do Processo de Focalização.

A análise cruzada das fontes revela uma convergência fundamental: o design eficaz não é a ausência de restrições, mas a manipulação habilidosa delas. Seja através da imposição subjetiva de um "gerador primário" para iniciar o processo, da construção social de um "usuário tipificado" para negociar decisões, ou da aplicação sistemática da TRIZ e análise física para resolver contradições técnicas, as restrições formam a espinha dorsal da prática projetual.

A Teoria das Restrições, portanto, contribui para o design ao fornecer tanto a estrutura cognitiva para lidar com a ambiguidade dos problemas perversos quanto as ferramentas metodológicas para transformar conflitos e barreiras em soluções inovadoras e patenteáveis. Contudo, a ausência de referências diretas à aplicação da Teoria das Restrições na abordagem projetual do design demonstra que essa convergência ainda não foi inspecionada de forma aprofundada, tanto em aplicações na indústria quanto no campo das pesquisas científicas.

6 Conclusão

A presente investigação buscou, através de uma revisão sistemática e narrativa, iluminar as intersecções entre a abordagem projetual do design e a Teoria das Restrições (ToC). Foi possível identificar que as duas abordagens tratam as restrições projetuais não como elementos limitantes, mas como impulsionadores, que constituem a própria matéria-prima que define o espaço do problema e viabiliza a inovação.

Enquanto a abordagem do design impõe restrições subjetivas (geradores primários) para tornar o problema cognitivamente gerenciável, a ToC oferece um roteiro lógico para identificar o elo mais fraco do sistema. Conclui-se, portanto, que a identificação da restrição crítica na ToC

atua de maneira análoga ao gerador primário no design: ambos funcionam como catalisadores que se apropriam da ambiguidade em uma direção projetual clara e acionável.

Além da dimensão técnica, a pesquisa destacou a convergência no tratamento das restrições comportamentais e processuais. A aplicação do "Processo de Pensamento" (*Thinking Process*) da ToC para mapear lógicas de causa e efeito em problemas "suaves" encontra ressonância direta na construção de "usuários tipificados" dentro do design. Ambas as estratégias buscam converter a subjetividade e as tipificações sociais em estruturas lógicas que legitimam a tomada de decisão dentro das equipes de projeto.

No entanto, é imperativo notar a lacuna significativa na literatura acadêmica identificada pela revisão sistemática. O fato de apenas quatro artigos relacionarem a Teoria das Restrições com a abordagem projetual do design (e de forma tangencial), evidencia que esta convergência, embora conceitualmente rica, ainda é pouco explorada empiricamente. A maioria das aplicações da ToC permanece voltada à manufatura e logística, subutilizando seu potencial de oferecer ferramentas lógicas para estruturar a ambiguidade dos processos criativos de design.

Em suma, a integração da Teoria das Restrições ao design transcende a mera otimização local. Ela oferece uma lente sistêmica que permite aos designers compreenderem as organizações como sistemas complexos de membros inter-relacionados, onde o desempenho global supera a soma das partes. Ao adotar os princípios de focalização e a lógica de causalidade da ToC, o campo do design pode fortalecer sua capacidade de lidar com incertezas, garantindo que a solução de problemas não apenas atenda a requisitos funcionais, mas eleve o desempenho sistêmico de forma sustentável. Futuras investigações devem, portanto, focar na aplicação prática e documentada desses modelos híbridos, validando como a gestão estratégica de restrições pode sistematicamente conduzir à inovação radical.

7 Referências

Biskjaer, M. M.; Christensen, B. T. A Second Look at Primary Generators. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, v. 7, n. 1, p. 7–23, 2021.

Brown, T.; Katz, B. Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation. Revised and updated ed. New York: Harper Business, 2019.

Crilly, N. Wicked Problems: Flexible Characterizations and Visual Representations. She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation, v. 11, n. 1, p. 31–60, 2025.

Cross, N. Design thinking: understanding how designers think and work. 2nd ed. London: Bloomsbury Visual Arts, 2023.

Dettmer, H. W. Goldratt’s theory of constraints: a systems approach to continuous improvement. Milwaukee, Wis: ASQC Quality Press, 1997.

Li, M. et al. A framework of product innovative design process based on TRIZ and Patent Circumvention. Journal of Engineering Design, v. 24, n. 12, p. 830–848, dez. 2013.

Norman, D. A. O design do dia a dia. Trad. Ana Deiró. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

Panizzolo, R. Practices and Performance in Constraints Management Production Planning and Control Systems. In: BRENNAN, Louis; VECCHI, Alessandra (Orgs.). International Manufacturing Strategy in a Time of Great Flux. Measuring Operations Performance. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 153–182.

Rahman, S. Theory of constraints: A review of the philosophy and its applications. International Journal of Operations & Production Management, v. 18, n. 4, p. 336–355, 1 abr. 1998.

Sharrock, W.; Anderson, B. The user as a scenic feature of the design space. Design Studies, v. 15, n. 1, p. 5–18, jan. 1994.

Sobreiro, V. A.; Nagano, M. S. Proposta de uma heurística construtiva baseada na TOC para definição de mix de produção. Production, v. 23, n. 3, p. 468–477, 7 dez. 2012.

Valverde, U. Y.; Nadeau, J. P.; Scaravetti, D. A new method for extracting knowledge from patents to inspire designers during the problem-solving phase. Journal of Engineering Design, v. 28, n. 6, p. 369–407, 3 jun. 2017.

Zhao, X.; Hou, J. Applying the Theory of Constraints Principles to Tourism Supply Chain Management. Journal of Hospitality & Tourism Research, v. 46, n. 2, p. 400–411, fev. 2022.

8 Sobre o(a/s) autor(a/es)

Eduardo Derbli de Carvalho Baptista, Esdi/UERJ, Brasil
<derbli.eduardo@posgraduacao.uerj.br>
Thaís Spiegel, Dr, Esdi/UERJ, Brasil <thais@eng.uerj.br>
Daniel Bouzon Nagem Assad, Dr, Esdi/UERJ, Brasil <danielassad@eng.uerj.br>